



EVALUACIÓN DE EXISTENCIA DE CONFLICTOS EN EL USO DEL SUELO EN EL MUNICIPIO DE SAN CARLOS DE GUAROA, META, DETERMINADOS A PARTIR DE UNA IMAGEN SENTINEL-2.

Autor:

Ing. Jonathan Smith Aguilera Diaz

Código: 3101373

Tipo de Publicación:

Articulo

Director:

Tatiana Ferreira Borda

Ing. Civil, MSc, Coordinadora Especialización en Geomática

Facultad de Ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN DE POSTGRADOS
ESPECIALIZACIÓN EN GEOMÁTICA
BOGOTÁ D.C.
2017

EVALUACIÓN DE EXISTENCIA DE CONFLICTOS EN EL USO DEL SUELO EN EL MUNICIPIO DE SAN CARLOS DE GUAROA, META, DETERMINADOS A PARTIR DE UNA IMAGEN SENTINEL-2.

EVALUATION OF EXISTENCE OF CONFLICTS IN THE USE OF THE LAND IN THE MUNICIPALITY OF SAN CARLOS DE GUAROA, META, DETERMINED FROM SENTINEL-2 IMAGES.

Jonathan Smith Aguilera Diaz
Ingeniero Catastral y Geodesta
Estudiante de la especialización en Geomatica, Universidad Militar Nueva Granada
Bogota D.C, Colombia
U3101373@unimilitar.edu.co

RESUMEN

En el presente artículo se presentan los resultados obtenidos a partir del proceso de comparación entre las capas de las coberturas del uso suelo obtenidas de dos fuentes de información diferentes, abordando para ello dos objetivos: validar la existencia de conflictos relacionados con la temática en el municipio de San Carlos de Guaroa en el departamento del Meta y evaluar la pertinencia de emplear un método de clasificación supervisada sobre imágenes satelitales del sistema Sentinel-2 como una alternativa efectiva, confiable y económica para mantener actualizado el inventario y la información cartográfica del municipio, como una herramienta oportuna para realizar un mejor seguimiento en la implementación, formulación y control de los programas de gobierno, asegurando que se logre alcanzar un desarrollo económico sustentable y sostenible en el territorio sin afectarlo de forma negativa.

Como resultado de este proceso se han generado dos mapas temáticos que contienen las clases de uso del suelo, determinando al mismo tiempo el área y distribución geográfica de cada grupo.

Palabras clave: usos del suelo, clasificación, Sentinel-2, territorio.

ABSTRACT

The present article presents the results obtained from the process of comparison between the layers of land use coverage obtained from two different sources of information, addressing two objectives: validate the existence of conflicts related to the subject in the municipality of San Carlos de Guaroa in the department of Meta and

evaluate the relevance of using a supervised classification method on satellite images of the Sentinel-2 system as an effective, reliable and economical alternative to keep the inventory and cartographic information of the municipality updated, as a timely tool to better monitor the implementation, formulation and control of government programs, ensuring that sustainable and sustainable economic development in the territory is achieved without negatively affecting it.

As a result of this process, two thematic maps containing the land use classes have been generated, determining at the same time the geographical area and distribution of each group.

Keywords: land uses, classification, Sentinel-2, territory.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo económico y social de los municipios debe estar enfocado principalmente en suplir las necesidades básicas de sus habitantes garantizando altos niveles de calidad de vida y bienestar sin ir en contravía de la protección de los recursos naturales renovables y no renovables presentes en su territorio, del éxito de este proceso depende en gran medida lograr alcanzar un desarrollo sostenible y sustentable que garantice a las generaciones futuras las mismas o mejores oportunidades de las que gozan las generaciones presentes; para ello resulta vital para las administraciones determinar de forma apropiada los planes y programas de desarrollo en función de las condiciones particulares de su territorio entendidas como disponibilidad de recursos naturales, condiciones demográficas, relaciones sociales y demás componentes que contribuyen a explicar la dinámica social y económica de su municipio.

El alcance del presente análisis se centra principalmente evaluar el comportamiento del componente físico del territorio, entendido este como el principal motor de la economía local y fuente principal de ingreso para los habitantes de la región, esta exploración se desarrolla a partir de la confrontación de dos fuentes de información, la primera expone los parámetros para el uso, destinación y aprovechamiento de las coberturas del suelo presentes en el municipio de SCG (San Carlos de Guaroa) ubicado en el departamento del Meta, definidas por la administración municipal mediante el instrumento de planeación conocido como el EOT (Esquema de ordenamiento territorial), la segunda fuente de información corresponde a las coberturas de suelo extraídas a partir de una imagen satelital capturada por el sistema Sentinel-2 perteneciente a la Agencia Espacial Europea (ESA), la utilización de esta última fuente resulta fundamental si se quiere confrontar la reglamentación establecida contra la realidad del territorio en términos de disponibilidad, explotación y aprovechamiento de los recursos naturales.

En primera instancia la comparación propuesta se centra en obtener a partir de una clasificación supervisada las diferentes coberturas de suelo presentes en el área que abarca el municipio de SCG, posteriormente se realizara la clasificación de los diferentes elementos naturales y artificiales en una escala de trabajo media, teniendo presente las coberturas de cultivos o zonas agrícolas, bosques naturales, cuerpos de agua, edificaciones, entre otros.

Luego mediante un ejercicio de análisis descriptivo se plantea extraer y estandarizar la reglamentación y usos del suelo definidos por la administración mediante el EOT del municipio, con el objetivo de generar un mapa de usos de suelo.

En la última etapa del análisis, se pretende identificar a partir de un proceso de superposición espacial entre las diferentes capas de coberturas obtenidas de las dos fuentes de información definidas previamente, si dentro del área de estudio se presentan o no conflictos en el uso del suelo.

1. MATERIALES Y METODOS

1.1 ÁREA DE ESTUDIO

El análisis planteado en el presente artículo relaciona el área geográfica correspondiente al municipio de SCG ubicado en departamento del Meta (Fig.1),

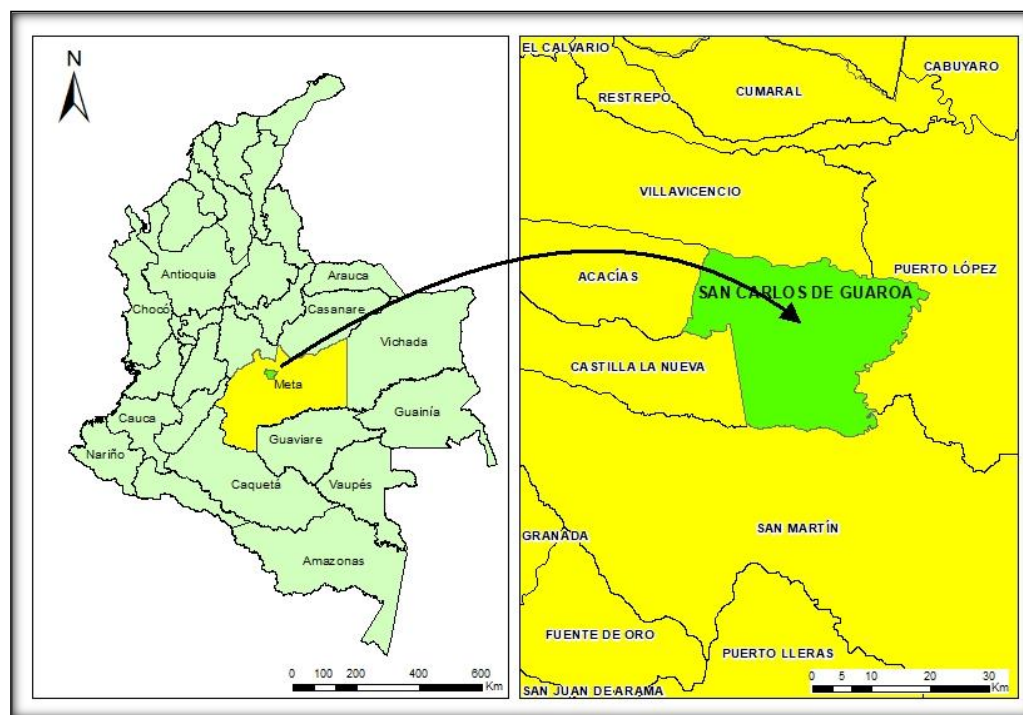


Fig. 1. Localización General

Fuente: Elaboración propia a partir de la Información base del IGAC 2014

El municipio de SCG se encuentra ubicado a una distancia de 85 kilómetros de la ciudad de Villavicencio, la extensión total del municipio es de 78.687 hectáreas, de las cuales la mayor parte de estas se encuentra ubicada dentro de una planicie aluvial con una altura promedio de 350 m.s.n.m, careciendo de accidentes geográficos de gran altura que deban ser considerados al momento de efectuar el procesamiento de la información; por otra parte si bien la mayor parte de la extensión del municipio se encuentra clasificada como tierras de uso rural, en el proceso de análisis también se tienen en cuenta las zonas urbanas como consecuencia de la tendencia de crecimiento que han experimentado en los últimos años los principales núcleos urbanos del departamento a consecuencia principalmente del conflicto armado en Colombia, situación que puede o no haber generado alteraciones o conflictos en el uso del suelo urbano y rural.

1.2 DATOS

Los datos empleados en el desarrollo del presente artículo refieren principalmente a dos fuentes de información: la primera corresponde a datos descriptivos de la superficie terrestre obtenidos a partir de técnicas de teledetección mediante la implementación de sensores remotos para la captura de las coberturas y elementos presentes en la superficie terrestre, para este caso se empleó una imagen satelital correspondiente al sistema de sensores Sentinel-2 perteneciente al programa Copérnico de las ESA; la segunda fuente de información refiere a la información oficial que describe y reglamenta el uso del territorio, en este caso los datos fueron extraídos de la cartográfica oficial del municipio soportada a través del EOT.

De igual forma se utilizó cartografía temática de apoyo, con el objetivo de soportar los resultados y al mismo tiempo dar un contexto geográfico a las dos fuentes de información mencionadas previamente, esta información se obtuvo del repositorio de la ICDE (infraestructura Colombiana de datos espaciales).

1.2.1 Imagen Sentinel-2

Como insumo principal para la identificación y extracción de las coberturas de uso del suelo presentes dentro del área de estudio, se emplearon varias imágenes satelitales capturadas por el sistema Sentinel-2 de la ESA, la razón fundamental de escoger este sensor obedece a que la imagen seleccionada presenta una resolución de 10, 20, y 30 metros en cada una de las bandas del rojo, verde, azul e infrarrojo cercano, todas estas requeridas para el procesamiento, sumado a esto también influyó que el grado de

nubosidad presente en la escena era inferior al 2%, la imagen en formato crudo fue obtenida de forma gratuita desde la página de la USGS (United States Geological Survey), la imagen y los parámetros que corresponden a esta imagen se presentan a continuación (Fig.2),



Fig. 2. Imagen seleccionada.

Fuente: Elaboración propia a partir del Visor geográfico UGSS.

Tabla 1- Información General Imagen seleccionada

Descripción	Valor
Identificador producto Sentinel-2	S2A_OPER_MSI_L1C_TL_MTI_20160117 T201320_A002982_T18NXJ_N02.01
Fecha de adquisición	2016-01-17 Hora: 15:21:17
Sensor	INS-NOBS
Sun Elevation	35,2931406313458
Sun Azimuth	135,6090745055120
Data Type Level-1	LEVEL-1C 16 bits
Resolución espacial	10, 20,30 m
Datum	WGS84
Proyección	UTM Zone 18N

Fuente: Elaboración propia a partir de la información entregada por el UGS

La imágenes correspondientes a este sistema presentan una amplia ventaja respecto de otros sistemas debido principalmente a la mejora en la resolución espacial que presentan, la resolución radiométrica de sus productos bien sea de 16 o 32 bits y la

resolución espectral que entrega, entendida esta última como la información provista para 13 bandas del espectro electromagnético cubriendo de esta forma la parte del visible, el NIR (near infrared), el SWIR (shortwave infrared), el TIR (thermal infrared) y por ultimo 3 bandas dedicadas e el canal del Redege, todas estas características hacen que el programa Sentinel-2 destaque respecto de otros sistemas al momento de efectuar análisis de coberturas en general, a pesar de contar con información espectral para tantas bandas, en el presente análisis solo se tuvieron en cuenta 4 bandas, las 3 del visible y la del NIR.

1.2.2 Cartografía oficial SCG

En relación con las coberturas de uso del suelo definidas de forma oficial para el municipio, estas fueron extraídas a partir de la revisión de la información descriptiva contenida en la reglamentación del acuerdo municipal por el cual se sanciona el EOT, en contraste con los mapas asociados a la cartografía oficial que acompaña a este documento, en particular se utilizó el mapa SCG-CR-01 denominado usos del suelo rural del suelo con fecha de generación noviembre de 2015, en este mapa se encontró la delimitación de las zonas que refieren a cada uso establecido dentro del territorio.

En función a los dos documentos mencionados se procedió a realizar la generación de los polígonos que se presentan a continuación (Fig.3),

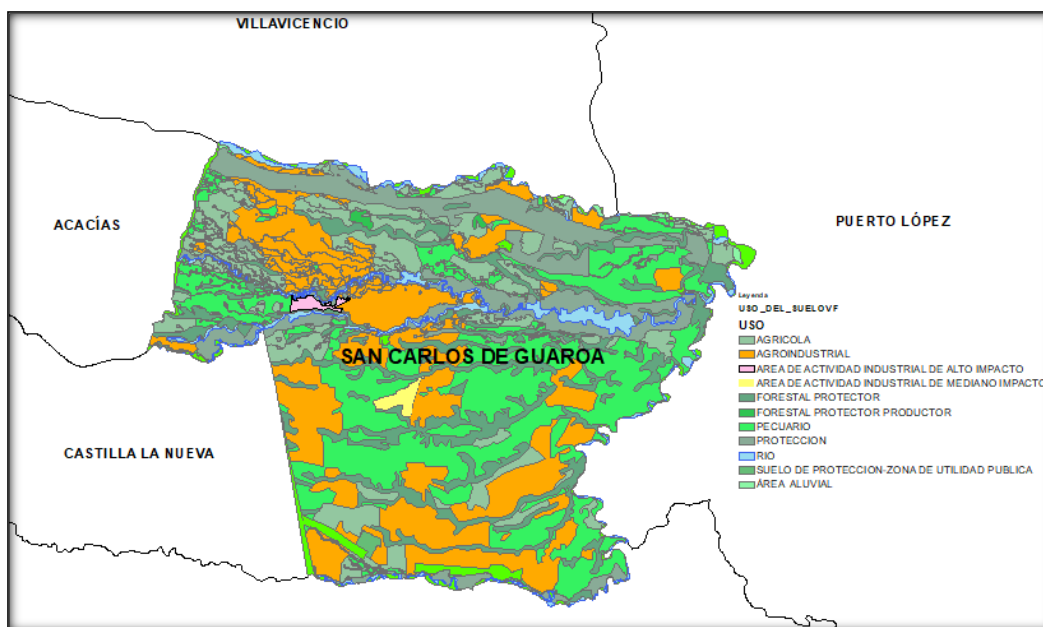


Fig. 3. Usos del suelo.

Fuente: Elaboración propia a partir de la información del EOT de SCG.

1.2.3 Datos adicionales

Con el fin de soportar algunos de los procesos establecidos en la metodología definida se efectuó la consulta de datos geográficos de fuentes alternas, como el portal oficial de la ICDE para la información oficial de división político administrativa, vías, drenajes geomorfología, entre otros; de igual forma se emplearon algunos geo servicios de ESRI como soporte en la etapa de las zonas de entrenamiento en el proceso de clasificación, por último se empleó el DEM (modelo digital de elevación) con resolución de 30 metros

En relación con el software empleado para el presente análisis, se procedió a trabajar con la suite de PCI Geomática 2017 para desarrollar los procesos definidos para el tratamiento y extracción de la información a partir de la imagen satelital Sentinel-2; respecto del procesamiento de la información vectorial referente al EOT y las salidas graficas de este documento se empleó la suite de ESRI ArcGIS en su versión 10.4.

1.3 METODOS

El proceso definido para cumplir con el objetivo principal del análisis se enfoca principalmente en dos áreas de trabajo, la primera dirigida hacia el tratamiento y extracción de la información raster y la segunda se relaciona con la depuración, estandarización y generación de productos cartográficos a partir de la información de tipo vector, etapas que se exponen más adelante en el documento.

1.3.1 Proceso preliminar

En la primera etapa se validó el alcance y los requerimientos asociados al objetivo planteado en el presente artículo, la finalidad consistió en definir la delimitación del estudio en función de determinar si existían datos de calidad para llevar a cabo los procedimientos establecidos, para ello en primera instancia se validó la existencia de imágenes satelitales con alta resolución espacial y poca presencia de nubes en la escena ya que esta condición dificulta la delimitación de la zonas de entrenamiento requeridas en el proceso de clasificación y afecta los niveles de reflectancia para cada uno de los pixeles de la imagen, como condición adicional se estableció que fuera necesaria solo una imagen para cubrir la totalidad de la región de estudio seleccionada; en cuanto a la definición de esta área se definieron dos parámetros, el primero que el municipio contara con información cartográfica actualizada y que referenciara los usos del suelo y en segunda instancia que la coberturas del municipio fueran diversas.

Así mismo se deben evaluar de forma preliminar las posibles clases de coberturas a obtener de las dos fuentes de información con el objetivo de establecer una nivel de clasificación que permita realizar la comparación o dicho de otro modo es necesario efectuar el proceso de generalización de las coberturas para garantizar la utilidad del presente análisis.

1.3.1 Componente Raster

Correcciones atmosféricas de la imagen Sentinel-2

Cualquier imagen captura mediante un sensor remoto instalado en un satélite está sujeta a una serie de alteraciones de tipo radiométrico, geométrico y atmosférico (Chuvienco, 2000), sin embargo, estas distorsiones son sistemáticas y pueden ser corregidas mediante la implementación de algunos algoritmos, para este caso la imagen Sentinel-2 empleada en este artículo se encuentra en el nivel LEVEL-1C lo que significa que no trae incorporada el error de radiometría ni el geométrico, razón por la cual haremos énfasis en las correcciones atmosféricas.

La corrección atmosférica busca efectuar eliminar las distorsiones causadas a las longitudes ondas en su paso por la atmosfera a consecuencia de los gases atmosféricos, vapor de agua, nubes o los aerosoles, situación que afecta los niveles de radiancia capturados por satélite y que son emanados por los diferentes elementos ubicados sobre la superficie terrestre, proceso que se traduce en llevar el valor asociado a cada pixel en términos de nivel digital a niveles de reflectancia de los objetos captados, eliminando así la distorsión causada por la atmosfera, para ello es necesario contar con los valores de los parámetros elevación solar y azimuth de mascara de sol al momento de efectuar la captura de la imagen, entre otros valores, la importancia de esta corrección radica en que cada una de las bandas que componen la escena son impactadas de forma diferente debido a la longitud de onda que expresan (Lopez, 1991), presentándose que unas bandas sean afectadas en mayor o menor proporción por este fenómeno, lo que a la postre repercute en proceso de clasificación de coberturas.

Para el caso de la imagen Sentinel-2 se empleó el algoritmo de corrección provisto por la suite PCI Geomática, a partir de los datos contenidos en el metadato de la imagen, de esta forma la imagen fue tratada previo al proceso de clasificación y se llevó de valores de nivel digital a valores de reflectancia, la composición empleada en este proceso fue la RGB o 3:2:1.

Clasificación supervisada imagen Sentinel-2

El proceso de clasificación en las imágenes satelitales se centra en agrupar los píxeles en categorías cuyo denominador común será los valores de reflectancia asociados a cada píxel, es decir todos aquellos que tenga el mismo valor será agrupados, la razón es que la radiancia emitida por cada elemento presente en la superficie terrestre y que esta inmerso en la escena o imagen debe tener una misma respuesta en términos de valor a lo largo de la imagen ya que fue captado bajo los mismo parámetros y condiciones del sensor, este proceso puede darse de forma automática mediante una clasificación no supervisada o de forma semi automática empleando el método de clasificación supervisada, en este último la idea es definir previamente con ayuda de la reconocimiento en campo, firmas espectrales o experticia varias zonas de entrenamiento que a la postre servirá de ancla para indicarle al algoritmo de interpolación que agrupe todos los píxeles que tengan similitud con las áreas de entrenamiento en una misma categoría, según (Rees, 2005), a pesar de que visualmente estas áreas tengan alguna significancia, el resultado de este proceso no garantiza una diferenciación de clases desde el punto de vista estadístico, por lo cual el proceso debe ser ajustado y evaluado posteriormente.

Una vez se genere la clasificación preliminar de las coberturas presentes en la imagen, se debe evaluar el grado de separabilidad de las clases establecidas, para ello se suele emplear los histogramas o las gráficas plot de las firmas para asegurar que un elemento no esté contenido dentro de otro y además que las clases sean lo suficientemente diferenciables desde el punto de vista estadístico, si se quiere también durante la etapa de preclasificación a partir de las zonas de entrenamiento se presenta la matriz de separación en la cual se contrasta el grado de diferenciación de una clase respecto a otra en donde 2 es el valor máximo e indica un excelente grado de separabilidad y -1 es el valor mínimo, sin embargo estadísticamente este valor no es garantía de un buen resultado en la clasificación.

Parte del proceso de clasificación incluye la selección de un método de interpolación en función del cual se van a identificar y asignar las categorías de los todos los píxeles presentes en la imagen, los más usuales son el de máxima verosimilitud y el de mínima distancia.

Desde el punto de vista estadístico la clasificación toma relevancia una vez se calcula el grado de acierto de la clasificación mediante la matriz de precisión en la cual de forma aleatoria se definen unos valores en la imagen que deben ser contrastados para comprobar que fueron asignados a la clase correcta, el indicador de esta matriz se denomina índice Kappa (Abraira, 2001), cercano a 1 indicara que la clasificación fue exitosa y significara que dentro de una muestra n todos los píxeles fueron clasificados de forma correcta acorde con el máximo de valores que la muestra pudiera adoptar.

En resumen para llevar a cabo el proceso de clasificación supervisada, se debe emplear una imagen que cuente con las correcciones geométricas, radiométricas y atmosféricas, se deben definir zonas de entrenamiento en la imagen, seleccionar un algoritmo de interpolación, evaluar la previsualización, editar las clases las zonas de entrenamiento que no se diferencien correctamente, para posteriormente implementar el algoritmo de clasificación en función del índice de kappa obtenido se debe evaluar editar las clases para corregir los posibles errores.

1.3.2 Componente vectorial

En relación con el tratamiento a emplear para extraer la información de las coberturas y usos del suelo requeridos en el presente análisis se deben llevar cabo varias etapas para garantizar la calidad y consistencia de los datos; para ello en primera instancia se debe proceder con la organización, depuración y alistamiento de la cartografía oficial, recopilada de las fuentes previamente mencionadas, durante este proceso se debe realizar la validación de los archivos Shp y Dwg entregados por el municipio, eliminando toda aquella información que genera ruido y no aporta al estudio.

Posteriormente se de proceder con la estandarización y generalización de los polígonos de cobertura extraídos para el área de estudio, etapa necesaria teniendo en cuenta la escala de trabajo y el nivel de detalle que presentan los insumos iniciales.

Elaboración de los mapas de coberturas para cada una de las dos fuentes de información polígonos de coberturas, para finalmente efectuar la determinación de los conflictos de uso del suelo a partir de la comparación de los mapas de coberturas mediante el proceso de superposición de polígonos y cuantificación de las áreas ocupadas por cada una de las coberturas encontradas.

2. RESULTADOS

En este apartado se presentarán los resultados obtenidos en 3 instancias de desarrollo metodológico, la primera referente al proceso de clasificación supervisada, la segunda enfocada al tratamiento y resultado en la generación de las diferentes coberturas de uso del suelo a partir de la cartografía oficial y por último se relacionan los resultados de la comparación entre los datos de coberturas obtenidos de las dos fuentes de información.

Previo a iniciar con los procesos asociados a cada fuente de información se procedió a generar una clasificación generalizada en la cual se pudiera incluir los valores obtenidos de cada fuente, en ese orden de ideas se establecieron 8 categorías en común (Tabla 2),

Tabla 2 Estandarización coberturas uso del suelo

Cobertura	Cobertura
Áreas de pastos-agropecuario	Áreas de Bosques-Protección
Áreas de cuerpos de agua	Áreas con espacios industriales
Áreas agroindustriales-Palma	Áreas con suelos desnudos
Áreas con cultivos agrícolas	Áreas urbanas

Fuente: Elaboración propia

2.1 CLASIFICACION SUPERVISADA

Para llevar a cabo este proceso en primera instancia se efectuó la corrección atmosférica de la imagen Sentinel-2, apoyados en la suite PCI Geomática 2017, posteriormente se procedió a definir las zonas de entrenamiento para cada una de las 8 clases definidas (Tabla 2); referente a las zonas de entrenamiento inicialmente fue necesario crear zonas de entrenamiento adicionales para varias clases de cobertura, la razón obedece a las condiciones oscuras de la imagen en ciertas áreas lo cual dificulto en cierta medida garantizar que la separabilidad entre clases.

Bajo esta premisa en la etapa de preclasificación de obtuvo un índice de separabilidad acertado para las 14 clases definidas, el índice promedio obtenido fue de 1,85 (Fig.4), lo cual fue bastante bueno, solo se presentó un índice bajo cercano a 0,33 entre dos clases referentes a la cobertura “Áreas agroindustriales-Palma” debido a su similitud, situación que no fue relevante toda vez que esas clases fueron fusionadas más adelante; como se puede apreciar en general todas las clases se diferencian unas de otras de forma correcta.

Signature Separability

Bhattacharyya Distance Transformed Divergence

Separability Measure: Bhattacharyya Distance

Average separability: 1.852252
 Minimum separability: 0.339122
 Maximum separability: 2.000000
 Signature pair with Minimum separability: (Plantación Palma,Bosques)

Table display: ☒ Matrix ☐ Sorted List

Name	Cultivos arr	Pastos natur	Pastos mejor	Suelo desnud	Cuerpos de A	agua 2	Plantación	Plantación	Bosques	Zona Urbana	Industrial	pastos 3	plantacion 3
Pastos natur	1.382068												
Pastos mejor	1.256972	1.990587											
Suelo desnud	1.970857	1.815134	1.862513										
Cuerpos de A	1.999995	2.000000	2.000000	1.999999									
agua 2	2.000000	2.000000	2.000000	1.999998	1.795147								
Plantación	1.986614	2.000000	1.904951	1.881143	2.000000	2.000000							
Plantación	1.998970	2.000000	1.990504	1.907498	2.000000	2.000000	1.095957						
Bosques	1.973300	2.000000	1.891632	1.902222	2.000000	2.000000	0.339122	1.381409					
Zona Urbana	1.895261	1.845354	1.879519	1.841526	1.999989	1.999998	1.974822	1.987671	1.977124				
Industrial	1.999560	1.880503	1.999707	1.974190	1.999999	2.000000	1.999999	2.000000	2.000000	1.705280			
pastos 3	1.972829	1.647228	1.965564	1.518536	2.000000	2.000000	1.999755	1.999970	1.999887	1.931664	1.985226		
plantacion 3	1.990129	1.999999	1.872783	1.845353	2.000000	2.000000	1.157631	1.425780	1.195019	1.977513	1.999999	1.999553	
plantacion 4	1.969892	1.974151	1.732498	1.254339	2.000000	2.000000	1.314135	1.351422	1.519581	1.906906	1.999292	1.899446	1.265362

Fig. 4. Matriz de separación de clases

Fuente: Elaboración propia a partir del resultado de definir zonas de entrenamiento

Si bien, previamente se mencionó este índice no tiene una importancia relevante desde el punto de vista estadístico si es un buen indicador visual que nos permite inferir que al emplear el algoritmo de interpolación se va a obtener un buen nivel de clasificación, en vista de ello se procedió a correr el algoritmo de preclasificación, obteniendo así la primera aproximación de las coberturas (Fig.5),

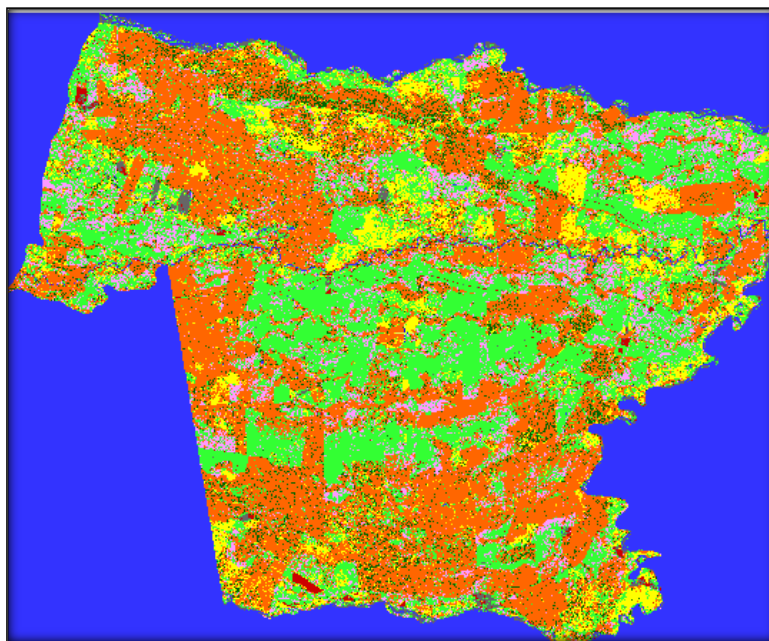


Fig. 5. Gráfico de preclasificación de coberturas

Fuente: Elaboración propia a partir del resultado de definir zonas de entrenamiento

Del resultado obtenido se pudo establecer que era necesario efectuar un proceso de edición de clases teniendo en cuenta el proceso de atomización de las coberturas obtenidas, con dos objetivos específicos, el primero agrupar las clases de cobertura que fueron desagregadas inicialmente y el segundo depurar algunas clases que quedaron mal clasificadas, adicional a esto y previo a correr el algoritmo de clasificación se ensayó el resultado obtenido con los diferentes algoritmos de interpolación encontrando al de mínima distancia como el que mejor se ajustó a nuestras zonas de entrenamiento, razón por la cual fue el que se empleó finalmente, como resultado de este proceso se obtuvo una mejor disposición de las clases (Fig.6), y se dio luz verde al proceso de clasificación como tal teniendo en cuenta el resultado obtenido del índice precisión Kappa (Fig.7) de 81,55% el cual es muy bueno, en vista de ello se dejó el resultado de la clasificación.

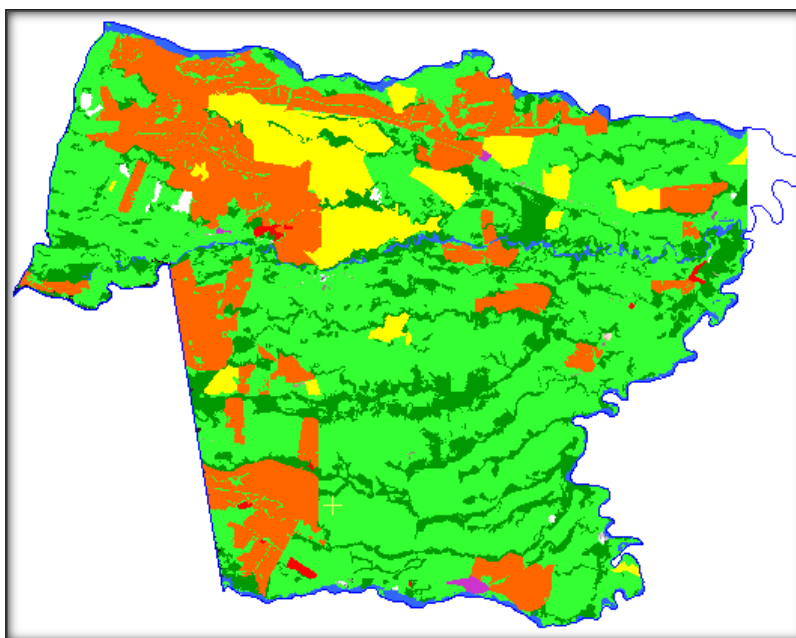


Fig. 6. Gráfico de clasificación de coberturas

Fuente: Elaboración propia a partir del resultado de preclasificación

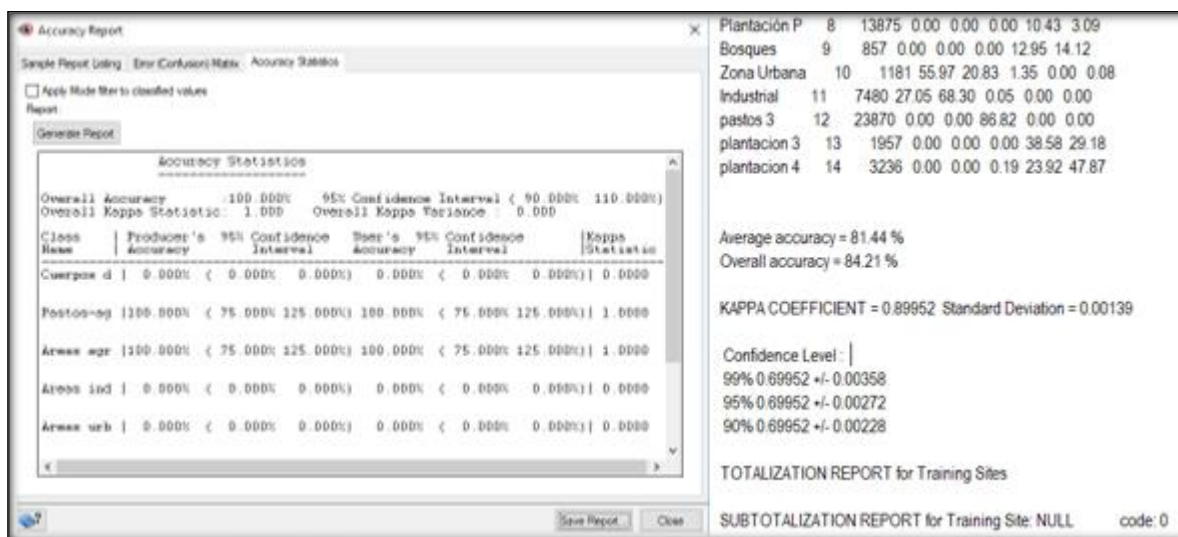


Fig. 7. Reporte índice de precisión Kappa clasificación de coberturas

Fuente: Elaboración propia a partir del resultado de clasificación

2.2 COBERTURAS OFICIALES EOT SCG

Los resultados obtenidos en este aparte se centran principalmente en delimitar y generalizar las coberturas extraídas del EOT del municipio, teniendo presente que el mapa oficial del municipio expone 18 capas algunas de las cuales no son relevantes o no refieren a la temática que se buscaba, en función de este proceso se delimito la

información del municipio a las 8 capas definidas inicialmente; en relación con la estructura de los datos fue necesario digitalizar algunas capas y efectuar edición topológica a los archivos vector, a fin de obtener una capa de polígonos que pudiera ser comparada con los datos extraídos de la imagen Sentinel-2 (Fig.8),

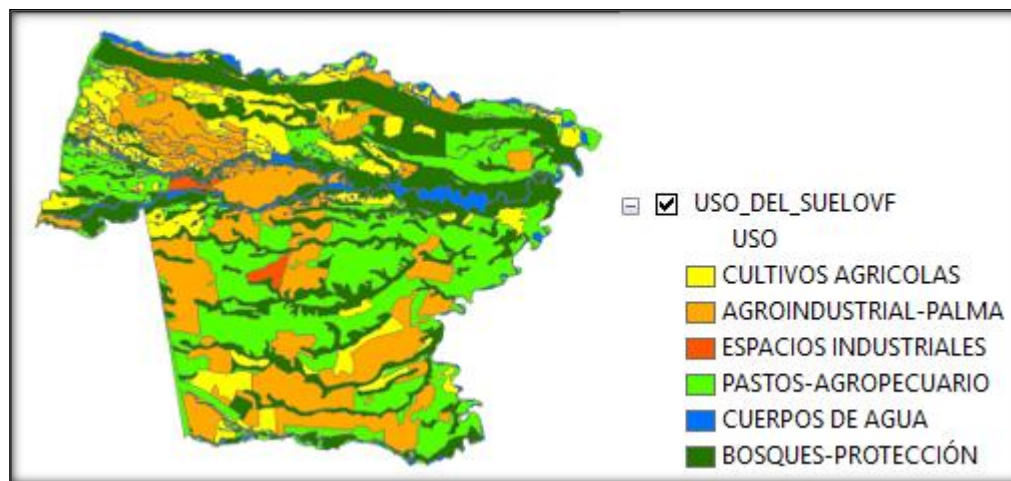


Fig. 8. Reporte índice de precisión Kappa clasificación de coberturas

Fuente: Elaboración propia a partir del resultado de clasificación

En el caso de la información dl municipio no se encontró relacionada la cobertura geográfica de la clase “Áreas urbanas” ni la de “Áreas con suelos desnudos”, razón por la cual no se tendrán en cuenta en el proceso de comparación, al no estar cartografiadas dentro de la información oficial.

2.3 COMPARATIVO DE COBERTURAS

A partir de la información obtenida de las dos fuentes de información ya comentadas, como método de análisis para determinar la existencia o no de conflictos en el uso de suelo dentro del municipio de SCG se procedió a abordar la comparación desde 2 puntos de vista, el primero de en términos de cuantificación de áreas por cada cobertura y el segundo desde la parte gráfica mediante la superposición de mapas.

Referente a la revisión cuantitativa se puede apreciar que existe una diferencia importante en lo que respecta al uso que está definido por el municipio para varias clases , es decir a partir de la clasificación obtenida de la imagen satelital se puede apreciar como la cobertura de Pastos-Agropecuario abarca una área mucho más grande de la que está definida en el EOT, la diferencia es de un 98, 53% de sobre

utilización de esta área, lo cual denota que entra directamente en conflicto con las demás clases de cobertura y deja entrever un conflicto importante en el uso del suelo.

Adicionalmente hay áreas de coberturas definidas en el EOT de SCG de que no están siendo utilizadas según la reglamentación, pero en general el área de las diferentes coberturas obtenidas en el municipio es similar aun cuando no se cuantificaron dos coberturas obtenidas de la imagen satelital, el grado de correspondencia entre las áreas es muy bueno.

El área de las coberturas no contempladas es de 414, 39 hectáreas y responde a las coberturas de áreas con suelos desnudos y áreas urbanas.

Tabla 3 Comparativo de áreas por coberturas uso del suelo

COMPARATIVO DE ÁREAS POR COBERTURA DE USO DEL SUELO				
EOT SCG		%	IMAGEN SENTINEL-2	
USO	AREA HA	PORCENTAJE	AREA HA	USO
RIOS-CUERPOS DE AGUA	3103	-28,56	2217	ÁREAS CUERPOS DE AGUA
AGROINDUSTRIAL-PALMA	19984	-18,83	16220	ÁREAS AGROINDUSTRIALES-PALMA
AREA DE ACTIVIDAD INDUSTRIAL	620	-60,23	246	ÁREAS ESPACIOS INDUSTRIALES
AGRICOLA-CULTIVOS	10331	-42,91	5898	ÁREAS CON CULTIVOS AGRÍCOLAS
SUELO DE PROTECCION-BOSQUES	23744	-47,00	12584	ÁREAS DE BOSQUES-PROTECCIÓN
PECUARIO-PASTOS	21582	98,53	42845	ÁREA PASTOS-AGROPECUARIO
AREA TOTAL (HA)	79.363	0,82	80.011	AREA TOTAL (HA)

Fuente: Elaboración propia

3. CONCLUSIONES

La principal conclusión evidenciada a partir de la comparación entre las coberturas es que existe un conflicto en el uso del suelo en el municipio específicamente en lo que refiere a la cobertura de Pastos- agropecuario, encontrando que existe esta actividad se ha establecido en áreas en donde por reglamentación no está permitida, situación que afecta negativamente a las demás coberturas entendiendo que existe una pérdida de áreas para cada una de las otras 6 áreas evaluadas.

Acorde con los resultados empleados resulta claro que este método de comparación es efectivo y funcional a la hora de revisar la exactitud y vialidad de las reglamentaciones en cuenta al uso del suelo, además de resulta una herramienta bastante asequible para realizar periódicamente la actualización de la cartografía oficial referente al tema del uso del suelo, dotando a las autoridades municipales de información precisa y oportuna para efectuar el control efectivo del territorio, en busca generar un desarrollo sostenible y sustentable para su comunidad.

REFERENCIAS

- [1] Y. . Yang, L. N. Y. Wong, C. . Chen y T. . Chen, «Using multitemporal Landsat imagery to monitor and model the influences of landscape pattern on urban expansion in a metropolitan region,» *Journal of Applied Remote Sensing*, vol. 8, nº 1, pp. 083639-083639, 2014.
- [2] J. . Knorn, A. . Rabe, V. C. Radeloff, T. . Kuemmerle, J. . Kozak y P. . Hostert, «Land cover mapping of large areas using chain classification of neighboring Landsat satellite images,» *Remote Sensing of Environment*, vol. 113, nº 5, pp. 957-964, 2009.
- [3] C. . Giri y J. . Long, «Land Cover Characterization and Mapping of South America for the Year 2010 Using Landsat 30 m Satellite Data,» *Remote Sensing*, vol. 6, nº 10, pp. 9494-9510, 2014.
- [4] A. S. D. Alejandra, «Análisis de Uso y Vocación territorial del Departamento del Meta, Colombia,» de *VII Congreso Internacional en Gobierno, Administración y Políticas Públicas. GIGAPP 03-05 octubre 2016*, Madrid, España, 2016.
- [5] H. F. G. A, «CLASIFICACIÓN DE USOS DE SUELO DE IMÁGENES SATELITALES LANDSAT POR MEDIO DE REDES,» *Universidad Nacional de Estudios a Distancia UNED*, vol. 1, p. 6, 2016.
- [6] M. N. M. B. Enrique Willington, «Clasificación supervisada de suelos de uso agrícola en la,» *Congreso Argentino de AgroInformática*, vol. 1, nº ISSN 1852-4850, p. 10, 2013.
- [7] J. L. G. L. M. D. Alvaro Vega Guzman, «Análisis espectral y visual de vegetación y uso del suelo con imágenes Landsat ETM+ con apoyo de fotografías aéreas digitales en el Corredor Biológico Chichinautzin, Morelos, México,» *Scielo*, vol. 67, nº ISSN 2448-7279, pp. 59-75, 2008.
- [8] R. G, «The Remote Sensing Data Book,» *Cambridge University Press*, p. 262pp, 2005.
- [9] L. E, Correccion atmosferica en el espectro solar, Valencia: Universidad de Valencia, 1991.

[10] C. E, Fundamentos de Teledetección Espacial, Rialp, 2000.